

マコモタケ（茭白, マコモ菌瘻）の組織化学的性状と組成

箕口重義・荒木裕子・広口美佐子・山本直子

Histochemical Characteristics and Chemical Components of water Bamboo (Fungous Gall of *Zizania latifolia*)

SHIGEYOSHI MIGUCHI, HIROKO ARAKI, MISAKO HIROGUCHI, and NAOKO YAMAMOTO

マコモタケ（茭白）は英名 water bamboo と呼ばれる中国野菜であり，華中，華南及び台湾を中心とした東南アジアに分布する水生野菜でその用途は広く，近年我が国でも，食生活の多様化に伴って生鮮中国野菜として都市部への輸入流通がみられるようになった。

この野菜は黒穂菌（*Ustilago esculenta*）の寄生の刺戟で茎の下部が肥大し，まだ胞子を形成しない時期の未熟な菌瘻 (fungous gall) を利用するものであり，我が国では単にマコモと呼ばれることも多いが中村(1985)¹¹⁾は野菜としての未熟菌瘻は植物名のマコモと区別するため，和名をマコモタケと呼ぶことを提唱しており，本研究でもそれに従った。

また台湾華南などでの栽培型には多くの品種群があり，長い年月にわたって野生種のうち菌瘻の肥大が著しく黒穂菌胞子の形成がおそく利用性の高いものが選抜育成されたものであろうが，台湾や中国本土で発行されている蔬菜栽培書類^{4), 13), 14)}にはその性状栽培法の概要は紹介されているものの我が国ではその種の研究も僅かに緒についたばかりであり，菌瘻に関する食品学的な知見にも極めて乏しいのが実情である。

本研究は食材料としてのマコモ未熟菌瘻の組織化学的な性状を健全な野菜マコモの茎部組織と対比観察し，併せて一般組成及び多糖類組成の分析を実施したものである。

材料と方法

I 供試料

マコモタケは台湾から輸入し市販され，肉眼的には菌瘻断面に胞子形成の全く認められないものを試料とした(品種不詳)。比較材料としての健全な野生マコモは都立水元公園敷地内の群落から1985年6月6日採取分与されたものを用いた。

II 組織化学的検索

1. 固定と切片の作成

試料の栽培マコモ菌瘻及び野菜種の茎下部輪切り試料は冷蔵庫内で4%中性ホルマリン(脂質検出用試料はホルマリン-カルシウム固定液)48時間固定後，氷結ミクロトームで20 μm の縦断及び横断切片を作製した。

2. 一般組織学的染色法及び組織化学的染色法

(1)細胞核染色 ヘマトキシリン染色(MAYERのヘマラウン液)

(2)菌糸束(塊) コットンブルー・サフラニン法及びチオニン-オレンジG法による二重染色

(3)組織内蛋白質の検出 ジニトロフロロベンゼン法³⁾及びメチルケトン²⁾法

(4)細胞壁セルロース及びでんぷん PAS反応⁸⁾及び沃素反応

(5)細胞壁ペクチン質 ルテニウムレッド，トルイジンブルーによるメタクロマジー反応

Key word : *Zizania latifolia* : water bamboo : histochemical characteristics : Chemical components
: polysaccharides : gall

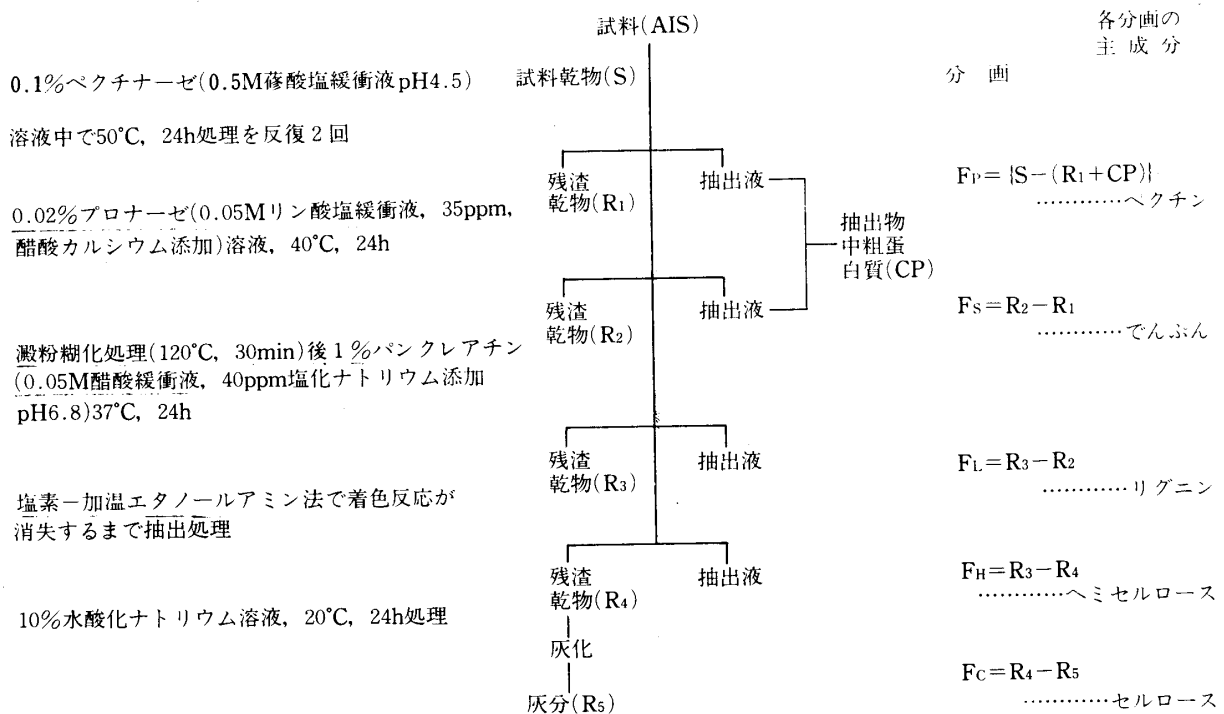


図1 AISを試料とした野菜多糖類の分画法のスキーム

III 一般成分及び食物繊維組成の分析

栽培種菌癭の一般組成及び多糖類組成の分画定量は次の如く実施した。

1. 一般成分の分析

生鮮試料から葉身,葉鞘などを除いた可食部を細切して60°Cで通風乾燥し,ウイレー式粉碎機で破碎し,さらにボールミルでメッシュ50以下に粉碎し,分析試料とした。この試料を凍結乾燥器内で乾燥恒量に達した点を乾物量とし,粗蛋白質などの5成分の定量は四訂成分表で野菜類の分析に用いられた方法によった。

2. 多糖類組成の分画定量法

多糖類組成の分画定量はアルコール不溶固形物(alcohol insoluble solid, AIS)を試料とし粗蛋白質を含む有機物5分画に分画する筆者等の方法¹⁰⁾によった(図1)。

結果と考察

I 野菜マコモの茎の形態と組織

健常野菜種の茎の下部は図7のように節(node)と節間(inter node)から成り中央に大きな髓腔(medullary cavity)があり,最外層の表皮組織の下には内部基本組織とは明らかに識別のできる辺周部厚膜組織があり(図9~図10),この組織には小型維管束が分布していた。

内部基本組織は柔組織から成り,大型維管束(並立型)が散在しているのが観察された。(図9, 図12)

茎の下部を囲周する葉鞘断面には破生的通気組織(lysigenous aerenchyma)がみられ(図11),柔組織には典型的な星型細胞がみられた。さらに残存柔道組織の外側周辺部に大維管束,その内側に小維管束の配列のみられる点はイネなどと同様である。

II マコモタケ(栽培種未熟菌癭)の形態と組織

栽培マコモの菌癭は黒穂菌菌糸の侵襲の刺

戟によって茎の下部が肥大し、外側の葉身、葉鞘をとり除いた可食部は筍に似た外観を呈し、(図3～図5)健全な野生種のそれとはちがって節間部にも髓腔は全くみられず(図6)、横断切片では大小の菌糸窩が多数分布しているのが観察され(図6)、菌糸窩の分布は菌癭の上部より下部、周辺部より中央部に密な分布を示していた。

茎の内部に散在する維管束を埋める柔組織は細胞間隙の多い野生種に比べ極めて大型な柔細胞で構成され(図8)、また野生種には表皮下に内部基本組織とは明らかに識別できる機械組織としての厚膜細胞層が形成されていたが(図9、図10)菌癭では表皮下組織の厚膜化は認められないが海綿状の柔組織が内側部の方が外側機械組織相当部分より空隙の多い傾向は野生健全マコモと同様であった(図8～図10)。

なお、大小多数の菌糸窩のうちには菌子束(塊)でみたまされているものも散在し(図13～14、図26)、その形態分布から黒穂菌菌糸は維管束特に道管部から浸入蔓延し、しだいに周辺組織を浸蝕空洞化するもののように推測された。

菌癭の発達は寄主組織の菌糸侵襲の刺激によるオーキシンの異常分泌に起因すると考えられており、健全野生種の茎とはかなり異なった組織像を示しているだけでなく、秋季おそくまで青々と成育を続けるといった生態的な特異性も示すことが知られている。

III 組織化学的性状

1. 蛋白質分布

アミノ基及びカルボキシル基を検出するジニトロベンゼン法及びメチルケトン法のほかトルイジンプール染色で横断切片での蛋白質分布を検索し野生種では茎の大小維管束部の師部を中心に強い蛋白反応がみられリグニンの沈着した道管壁にも陽性反応がみられた。栽培種の菌癭組織では健全な維管束に野生種と同様強い蛋白反応がみられ、さらに菌糸窩周辺組織及び一部の大型柔細胞内にもかなり強い陽性反応がみられた。(図15,17,20)

2. 脂質の分布

スーダンIII,スーダンブラック染色による脂質の検索で菌癭組織では菌糸窩周辺柔組織に陽性反応が検出され、特にやや厚い横断切片を低倍率で観察するとスーダンIII陽性物質の特異な環状分布がみられた(図22)。これらスーダンIII及びスーダンブラック陽性物質は高倍率の観察では油滴状を示し(図24)さらにナイルブルーにより赤染することなどの点で中性脂肪と推定された。また野生種栽培種とも表皮はスーダンIII陽性を示し、クチクラの沈着によるものと推定された(図21)。

3. でんぷんの分布

野生型マコモの茎部組織では維管束鞘のほか基本組織では外側厚膜組織と内部柔組織との境界部、葉鞘組織の内側部等にでんぷん粒の分布がみられたが(図19)栽培種菌癭組織では全くでんぷんは検出されなかった。ただし、両者のちがいは単に試料鮮度の差に基づくもので栽培種菌癭の組織内ででんぷん粒は収穫後商品としての流通過程で消失したものか、または、糖質代謝機構のちがいによりでんぷん粒としては検出されないのか本研究の時点では何れとも明らかにすることはできなかった。

4. PAS 陽性物質の分布

本研究の試料の主要なPAS陽性物質は細胞壁セルロース、ペクチン質およびでんぷんであり野生型の茎部、葉鞘などの組織では維管束師管部の反応が強いが菌癭組織ではむしろ維管束鞘外周の柔細胞に強い反応がみられた。

この柔細胞のPAS陽性物質は被膜状であり蛋白反応弱陽性で、トルイジンプール染色ではメタクロマジーを示すがルテニウムレッド染色によるペクチン質の分布とはちがいがあり、糖蛋白質及び酸性多糖類の性状を示した(図-18)。

5. ペクチン質の分布

一般に単子葉植物の細胞壁にはペクチン質の分布が少ないことが知られているが菌癭組織では道管を除く維管束組織に比較的強い反応がみられ、柔組織細胞壁にも弱い陽性反応が

みられた。(図23, 25)

6. リグニンの分布

図16にみられる様に野生型茎部葉身葉鞘の維管束鞘道管、菌癭組織では維管束の道管にもリグニンの沈着がみられたが維管束鞘のリグニン化は認められなかった。

7. 菌癭組織細胞核の性状

ヘマトキシリン染色及びピロニンメチルグリーン染色により菌癭基本組織柔細胞には生活核をもつものが多いことが推測された。

以上の形態、組織及び組織化学的性状における野生型と栽培型菌癭との差異をまとめて表示すると表1の如くである。

IV 栽培型未熟菌癭の一般成分について

菌癭可食部の分析結果は表2の通りであり、参考のため中国医学科学院衛生研究所編「中国食品成分表」のデータも挙げた。表に見られる通り、タケノコよりはグリーンアスパラガスに類似した一般組成を示すことを知った。

V AIS組成について

筆者等の方法により、菌癭可食部AISを試料として食物繊維成分の分画を試みた結果は表3の通りであり、グリーンアスパラガス、タケノコの上部組織に似たパターンを示し、ペクチン質を主成分とする分画(F-P)の値が低くヘミセルロース分画(F-H)が比較的高い値を示した。

VI マコモタケの利用について

マコモタケは国内では中国風料理でもあまり馴染みのない野菜であったが、近年生鮮野菜の輸入が容易になるにつれ、一般消費者の関心をひくに至り、沖縄、鹿児島県下では小規模の栽培もはじまり、一部研究機関での栽培学的研究¹⁶⁾¹⁷⁾も進められているようである。

マコモタケの野菜としての利用特性は一般成分や食物繊維組成はアスパラガスやタケノコ、特にアスパラガスによく似た性状を示していることを知った。しかし、それとは別に植物組織学的には極めて特異な性状をもつこと、即ち未熟菌癭の可食部組織は通気組織が空隙の多い柔組織として異常増殖し、さらに多くの菌糸窩も分布し、多孔質な肉質を形成している点に留意すべきである。この特性はさらに特殊な強い香気食味などをもたない淡泊さ、柔軟さと相俟って肉、魚料理の副材料として主材料の旨味成分を十分に吸収保持するという食材料としてすぐれた特性をもつものであり、このことは単に中国料理だけでなく広範囲の料理にとり入れることのできる特性と考えられる。

他方、食糧政策上も水田転作対策や河川、湖沼など低湿地の高度利用などの側面からもその消費の普及と国産化が望まれる野菜の一つである。

表1 野生マコモの茎と栽培マコモ菌癭の形態、組織及び組織化学的性状の比較





	形 態・組 織			組 織 化 学 的 性 状		
	縦断面	横断面	表皮下機械組織	蛋白質、脂質、PAS陽性物質及びペクチンの分布	でんぷん粒の分布	菌糸束(塊)の染色性
野生健全マコモの茎			厚膜化	維管束組織	表皮下厚膜組織及び維管束鞘	菌糸束、菌糸窩なし
栽培マコモ菌癭			厚膜化せず海綿状柔細胞	健全維管束組織及び菌糸窩周辺柔細胞	どの組織にも分布せず	サフラニン陽性、PAS陽性、蛋白質、脂質反応は陰性

表2 マコモタケ可食部組成

	水分	たんぱく質	脂質	糖質	繊維	灰分
本研究試料	94.05±0.004*	1.84±0.005	0.16±0.004	2.40	0.97±0.114	0.58±0.05
中国食品成分表 ¹⁵⁾ より	92.1	1.5	0.1	4.6	1.1	0.6

※標準偏差

表3 マコモタケ食物繊維の分画定量値(対AIS%)

F-P	F-S	F-L	F-H	F-C
9.54±0.74*	—	10.04±0.58	16.36±0.07	14.67±0.63

※標準偏差

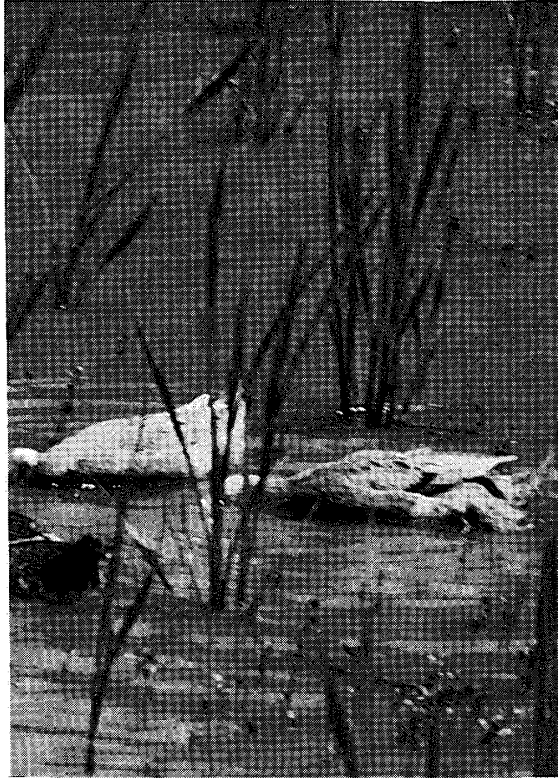


図2 マコモタケ栽培風景(上海市近郊)



図3 市販されるマコモタケ(上海市内)

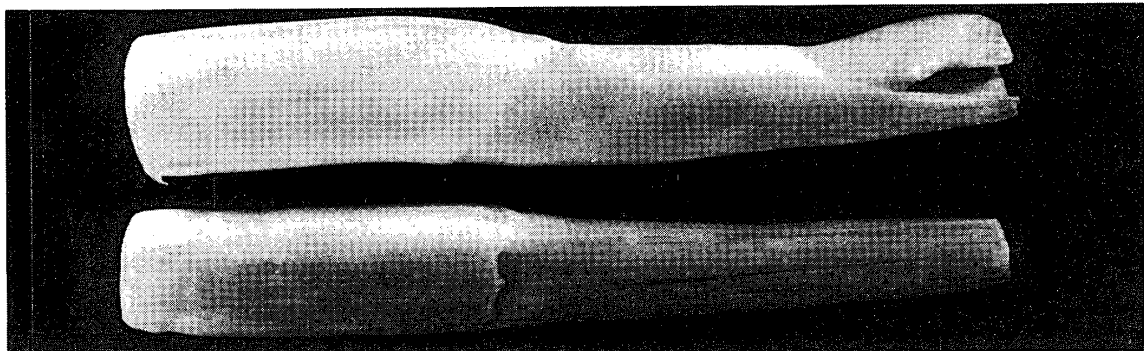


図4 商品としてのマコモタケ(下部葉鞘と葉身の一部がついている)

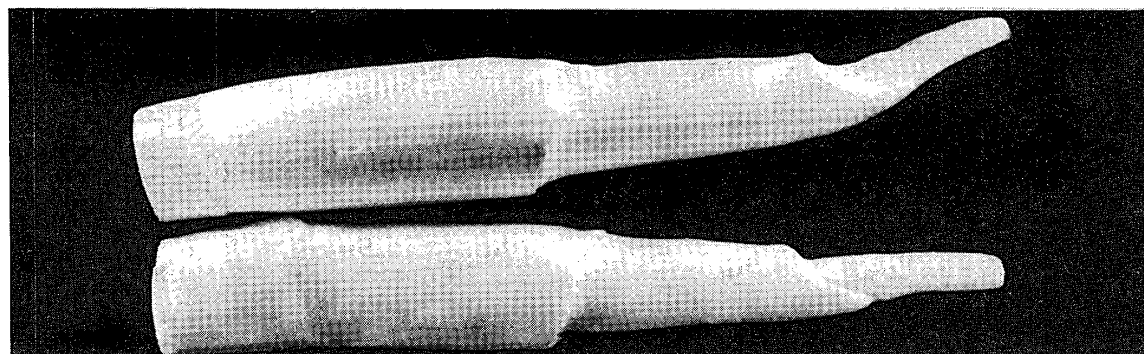


図5 マコモタケ可食部

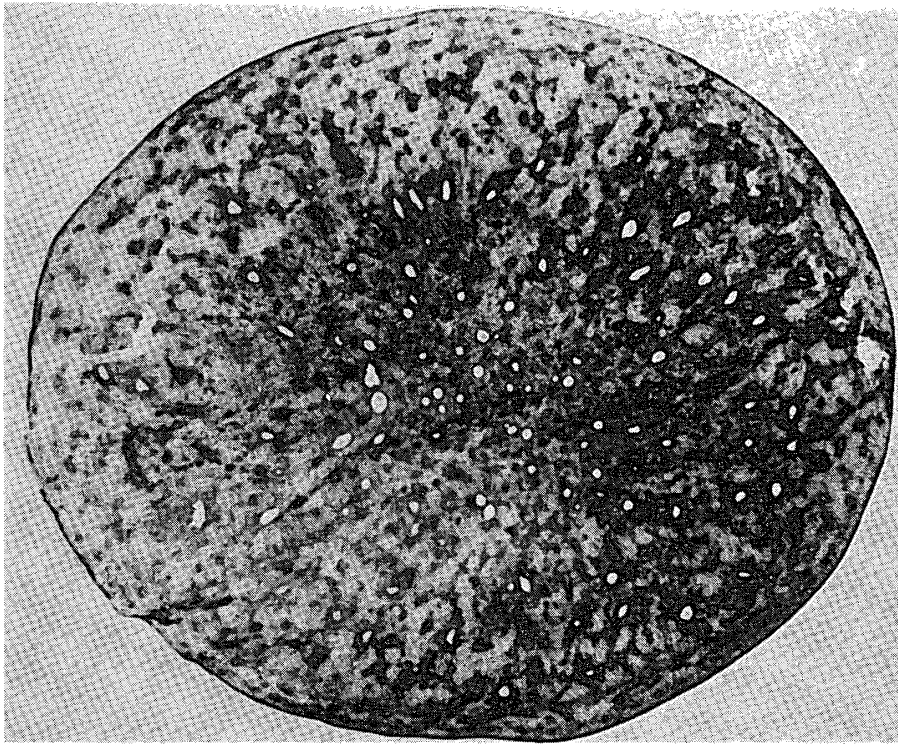


図6 マコモタケ横断切片(トルイジンブルー染色, $\times 2$)

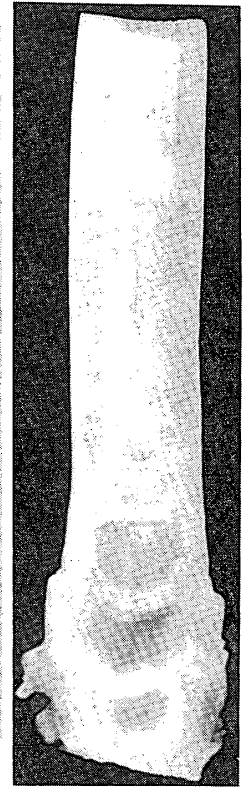


図7 野生マコモ
下茎部縦断面

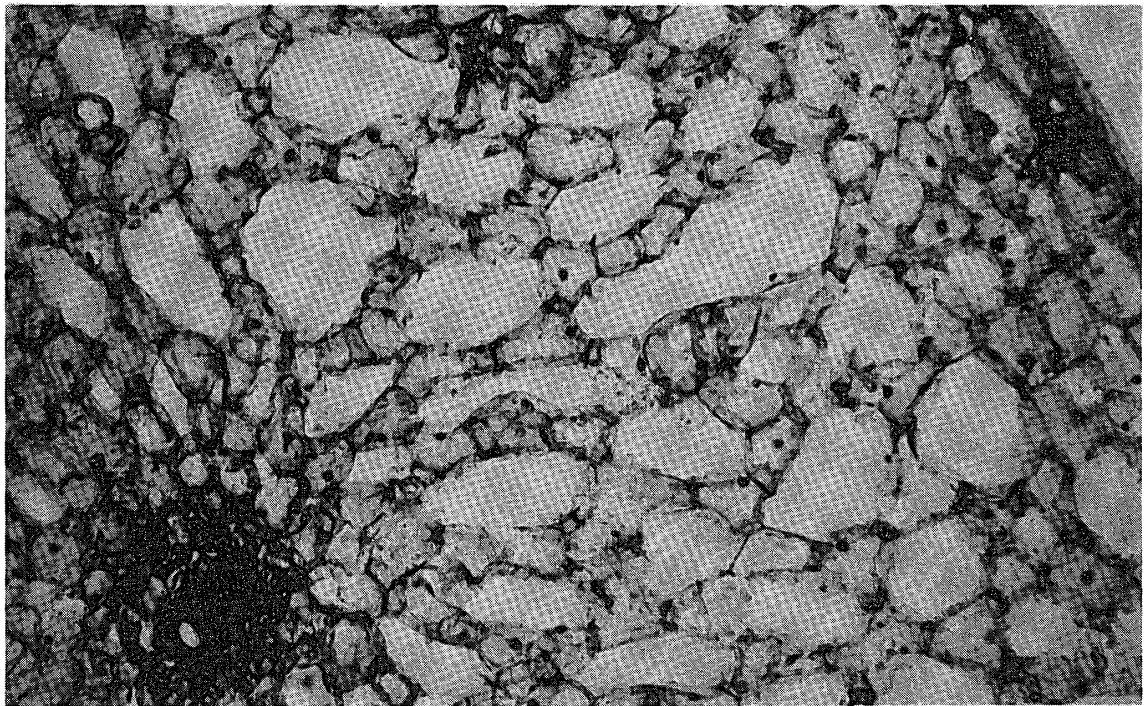


図8 マコモタケ横断切片の周辺部組織(ピロニン-メチルグリーン染色, $\times 100$)

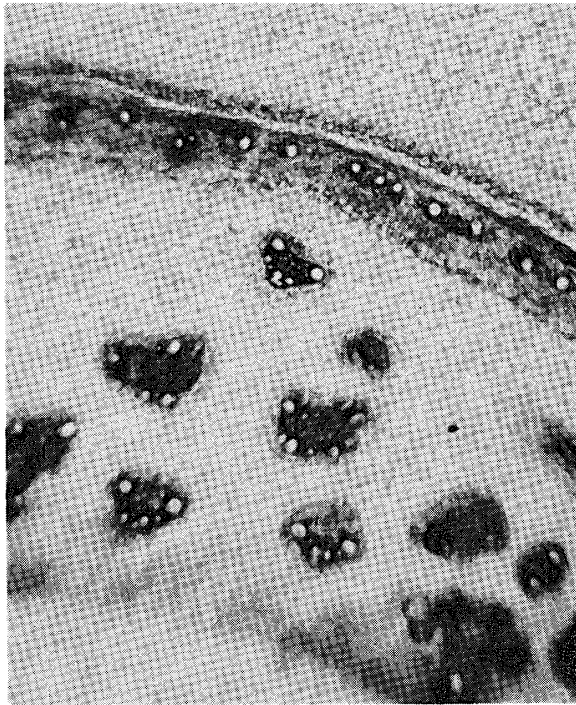


図9 野生マコモ基部横断切片
(トルイジンブルー染色, ×5)

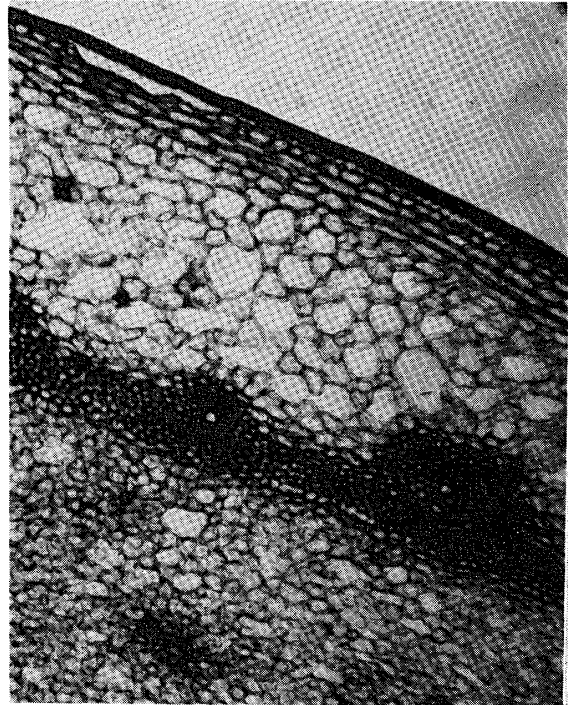


図10 野生マコモ茎の周辺部横断切片
(ピロニン-メチルグリーン染色, ×50)

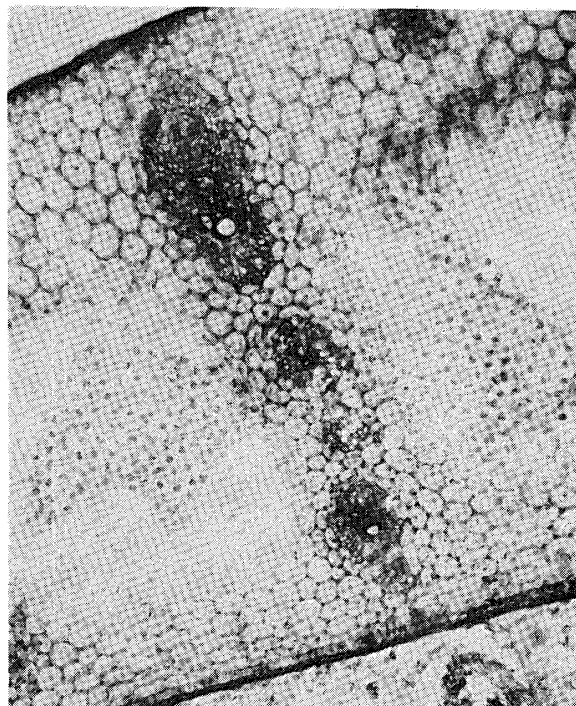


図11 野生マコモ葉鞘横断面の破生通気組織と
維管束(トルイジンブルー染色)

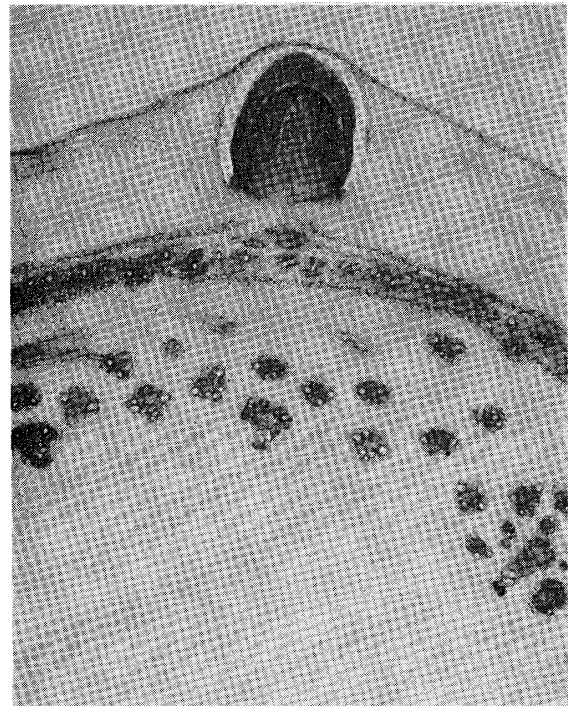


図12 野生マコモ下茎部横断面の
でんぶん分布(沃素反応)



図13 菌糸窩中の大型菌糸束
(サフラニン-コットンブルー染色)

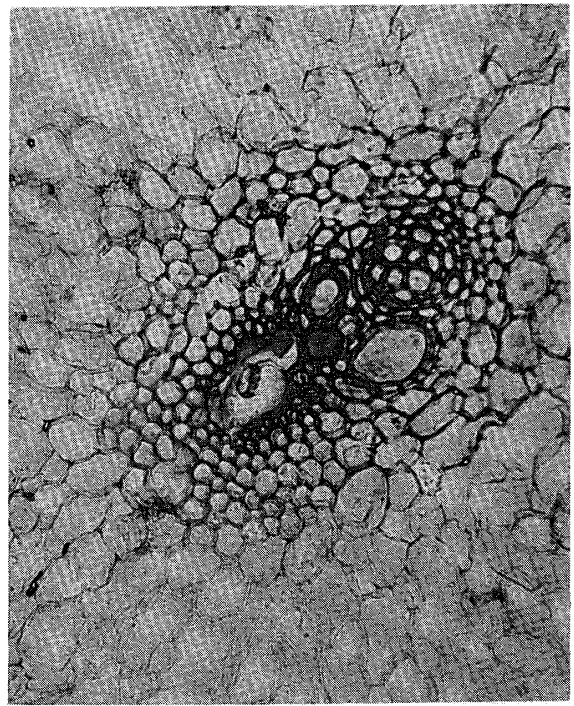


図14 小型菌糸束(チオニン-オレンジG染色)

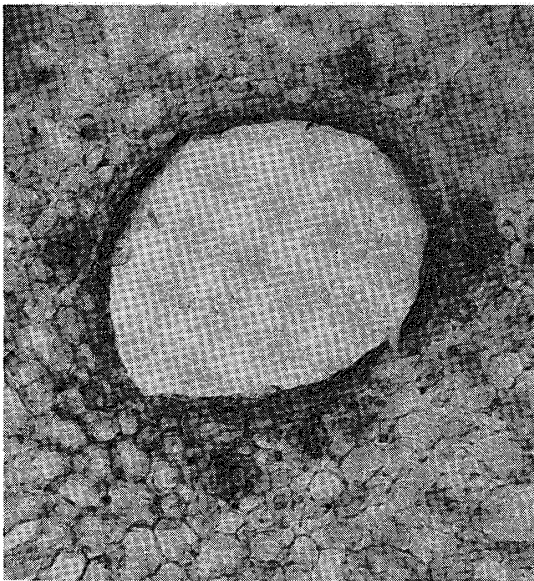


図15

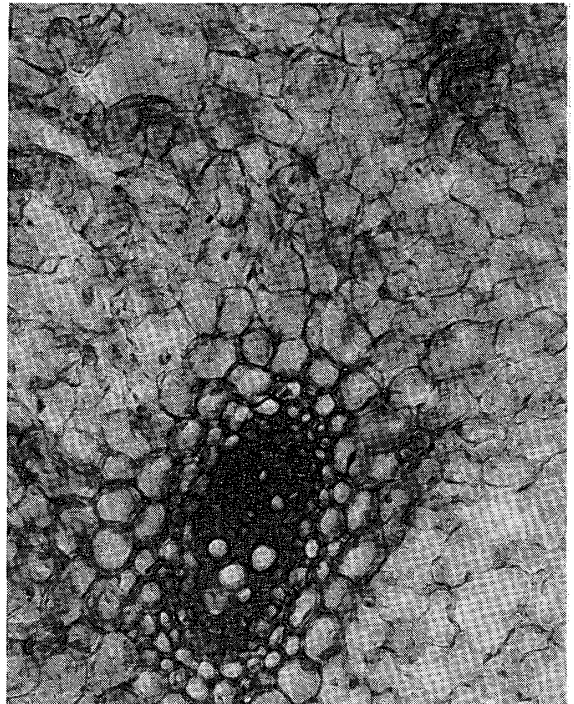


図17 マコモタケの健全な維管束部の
の蛋白質反応

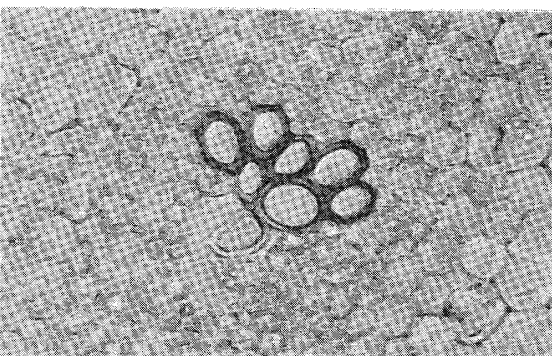


図16

図15 同上菌糸窩周辺の蛋白質反応
(以上ジニトロフロロベンゼン反応)

図16 マコモタケ維管束道管のリグニン反応
(フロログルシン-塩酸)

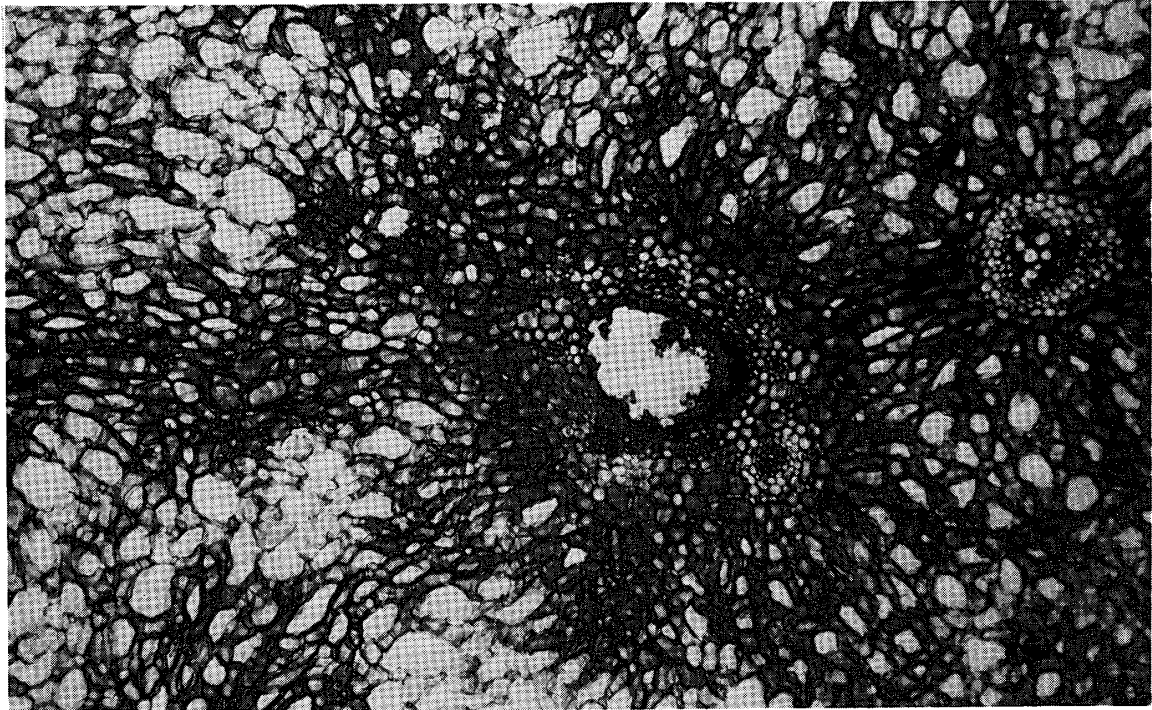


図18 マコモタケ菌糸窩周辺のPAS陽性物質の分布(PAS反応)

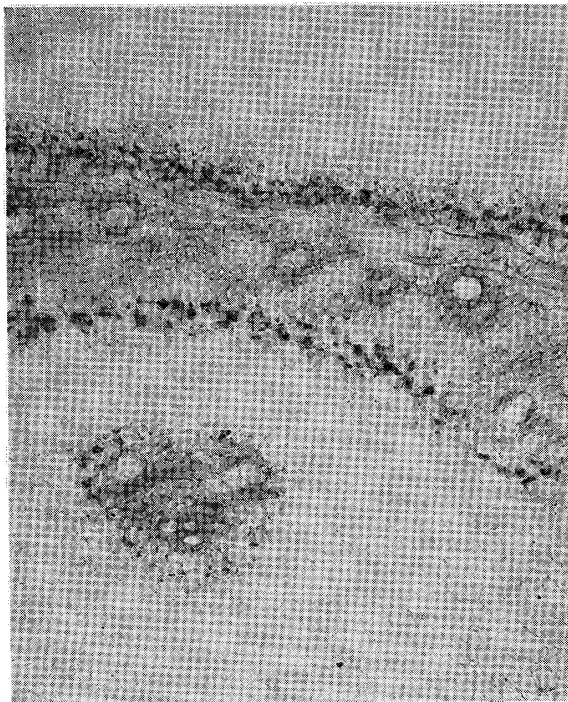


図19 野生マコモ茎の機械組織付近の
でんぷん粒の分布(沃素反応)

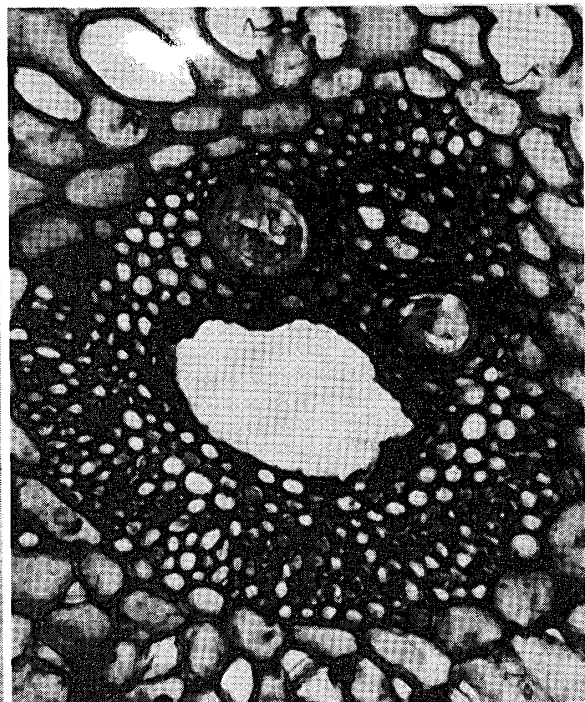


図20 マコモタケ維管束後生道管内の
小型菌糸束と蛋白質分布
(トルイジンブルー染色)

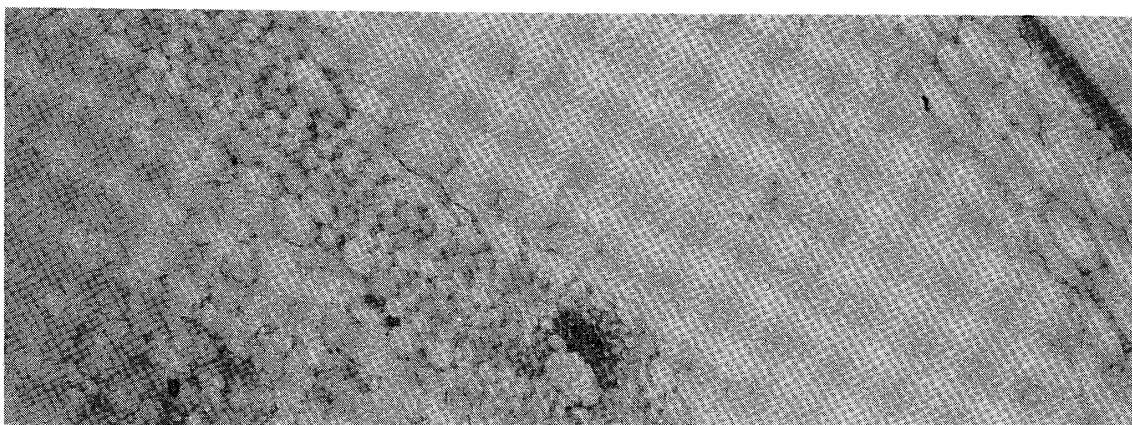


図21 野生マコモ基部の脂質反応(スーダンⅢ染色)

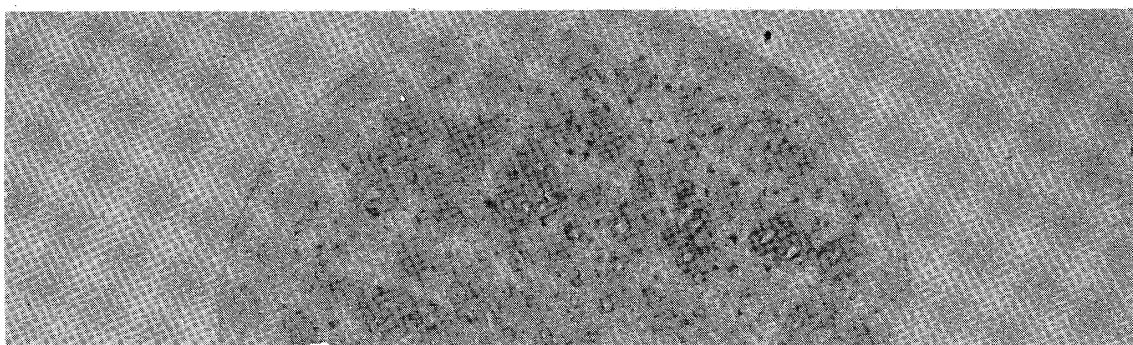


図22 マコモタケ横断切片の脂質分布(スーダンⅢ, 染色, ×2)

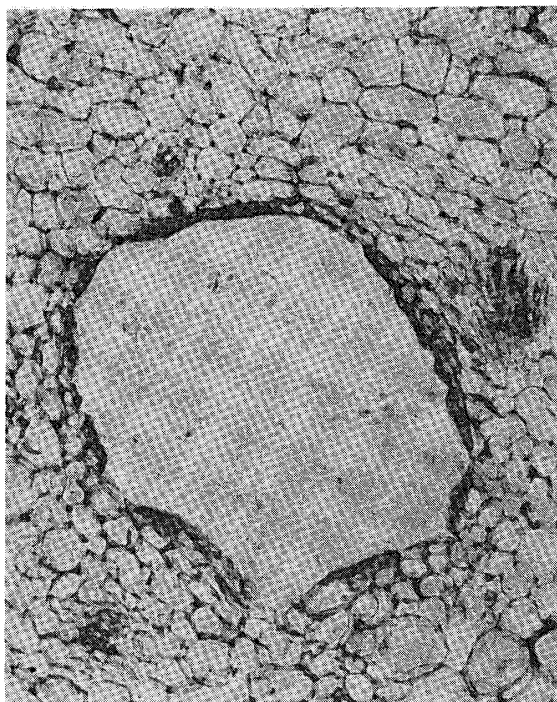


図23 菌糸窩周辺のペクチン質分布

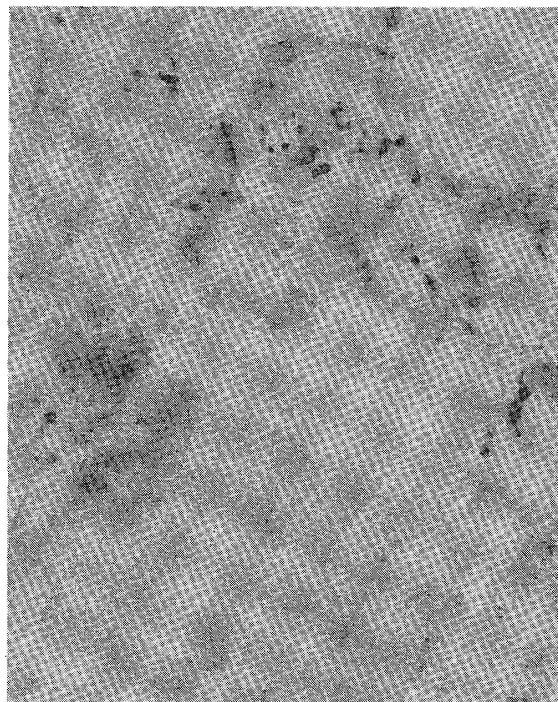


図24 マコモタケ菌糸窩周辺の脂質分布
(スーダンⅢ, ×200)

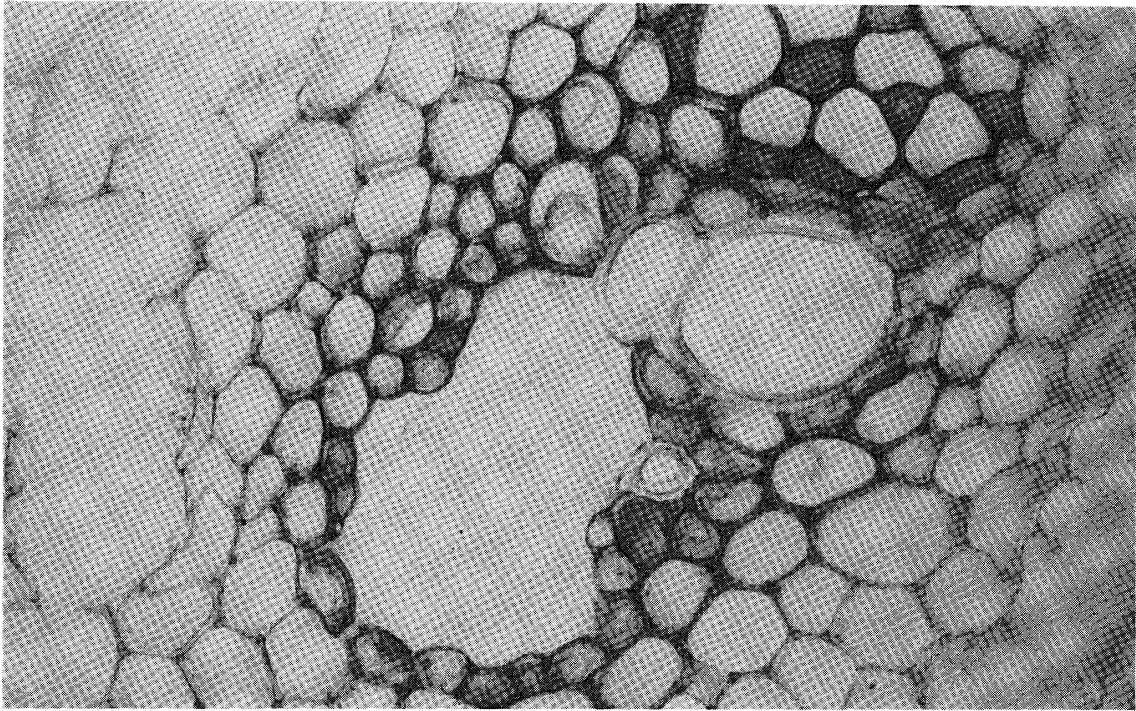


図25 マコモタケ維管束部のペクチン質分布(ルテニウムレッド染色)

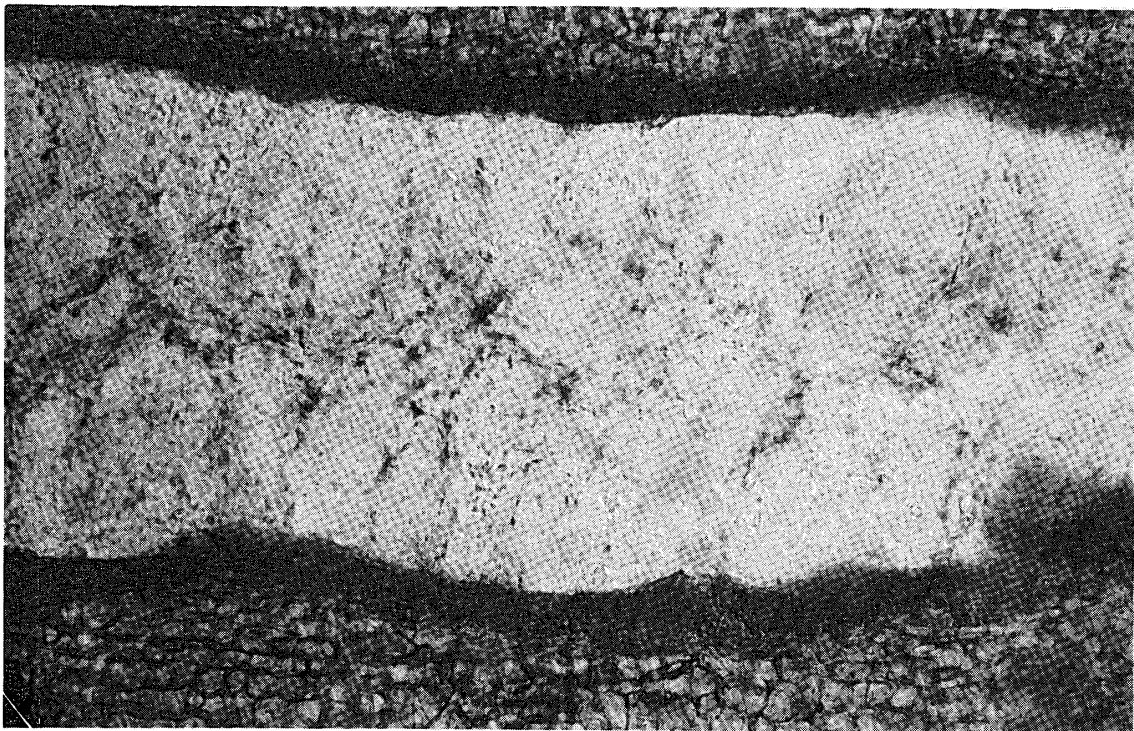


図26 大型菌糸窩と内部菌糸束(トルイジンブルー染色)

摘 要

輸入マコモタケ及び国内産野生マコモを試料とし、栽培型マコモの未熟菌癭の形態組織及び組織化学的性状を健常な野生型マコモの基部と比較観察し、その特性を明らかにし、さらにマコモタケについては食材料としての一般組成、食物繊維組成のパターン等を検索し次の所見を得た。

(1)マコモタケ可食部（栽培型マコモの未熟菌癭）の形態組織を健常な野生型マコモ基部のそれと比較して

①基本組織は異常増殖し、髓腔を形成することなく、空隙の多い大型柔細胞で満たされ、周辺部にも野生型の様な厚膜組織が形成されない。

②菌糸窩は菌癭の上部より下部、外部より内部に密に分布している。

③菌糸窩周辺組織に蛋白質、脂質、ペクチン質、PAS 陽性物質などの強い反応が見られ、リグニン反応は道管壁にのみ認められた。

④野生型で維管束鞘周辺部厚膜組織に分布しているでんぷん粒は菌癭組織では全く認められない。

⑤菌糸束はサフラニン好性を示した。

(2)一般組成は水分 94.05, 蛋白質 1.84, 脂質 0.16, 糖質 2.40, 繊維 0.97, 灰分 0.58 でグリーンアスパラガスに類似していた。

(3)食物繊維組成のパターンはタケノコやアスパラガスの上部に似ており、ペクチン質分画が低くヘミセルロース分画が比較的高いなどの特徴を示した。以上からマコモタケは食材料として肉、魚料理の副材料に適した組織学的性状や組成をもつことを明らかにした。

稿を終わるにあたり、文献を御恵贈いただ

いた池谷技術士事務所池谷保緒氏、また野生マコモ標本を御恵与下さった都立水元公園管理所の古賀勇氏ほか所員各位に厚くお礼を申し上げます。なお本研究の一部は日本家政学会第 37 回大会において口頭発表した。

文 献

- 1) BACKLER, B.S. and ALEXANDER, W.F.: Stain Tech. **27**, 147 (1952) .
- 2) BARNETT, R.J. and Seligman, A.M.: J. Biochem. Cytol. **4**, 169 (1958) .
- 3) BURSTONE, M.S.: J.Histochem. Cytochem. **3**, 32 (1955) .
- 4) 胡昌熾: 蔬菜学各論 p.87 台湾中華書房(台北)(民国 55 年).
- 5) KURMCK, N.B.: Stain Tech. **30**, 213 (1955) .
- 6) McMANUS, J.F.A.: J.Path. Bact. **58**, 33 (1946) .
- 7) MENSCHIK, Z.: Stain Tech. **28**, 13 (1953) .
- 8) McMANUS, J.F.A.: Stain Tech. **23**, 99 (1948) .
- 9) KNEEBONE, W.R.: Crop Sci. **2**, 268 (1962) .
- 10) 箕口重義, 荒木裕子, 広口美佐子: 日本食品工業学会第32回大会講演要旨 p56 (1985).
- 11) 中村重正: 農業構造改善問題研究 No.147, 93 (1985).
- 12) 野津幹雄: 鳥取大学農学部植物病理学研究室特別報告, p 1 (1975).
- 13) 李玉宝: 豊年叢書 HV# 781, 莖菜栽培 p 61 (民国 61 年).
- 14) 遼寧省熊岳農業学校主編: 蔬菜栽培, p 301, 農業出版社(北京)(1797).
- 15) 劉志誠, 干守洋, 馮国忱, 蘇引訳: 中国医学科学院衛生研究所編「中国食品分析表」p 28, 雄渾社(東京)(1982).
- 16) 大橋義弘: ジザニア研究会第 2 回研究会資料(マコモの成育特性に関する研究)(1979).
- 17) 渡部信義: ジザニア研究会第 2 回研究会資料(Zizania 属植物光合成活性)(1985).